

## BEST AVAILABLE COPY

**Tracking process from deformable element images and/or images with high noisy edges.**

Patent number: DE69328886T  
 Publication date: 2001-01-04  
 Inventor: GARREC PATRICK (FR); REBOUX VERONIQUE (FR)  
 Applicant: THOMSON CSF (FR)  
 Classification:  
 - international: G06T7/20; G06T7/20; (IPC1-7): G06T7/20  
 - european: G06T7/20C  
 Application number: DE19936028886T 19930416  
 Priority number(s): FR19920004831, 19920421

Also published as:

EP0567377 (A)  
 FR2690262 (A)  
 EP0567377 (B)

Report a data error he

Abstract not available for DE69328886T  
 Abstract of corresponding document: EP0567377

The present invention relates to a method of tracking, on the basis of images of deformable elements, and/or images with highly noisy contours. The method of the invention makes it possible easily to extract (1) from each image very fine closed contours of the objects, to perform recognition of these objects from one image to the other with the aid of the perimeter and of the centre of gravity of each contour (3, 4), and to deduce their speeds (5) therefrom. The invention is particularly beneficial for tracking meteorological disturbances, which are slowly-deformable objects which can be likened to non-deformable objects for processing.

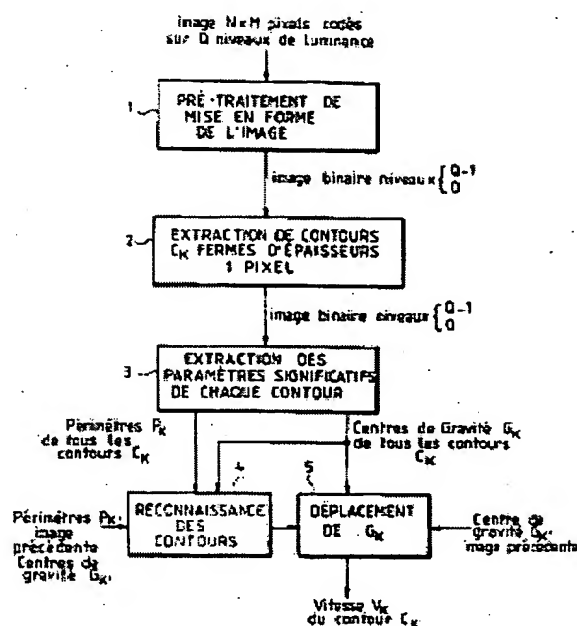


FIG.1

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑤① Int. Cl. 7:  
G 06 T 7/20

⑨7 EP 0 567 377 B 1

⑩ DE 693 28 886 T 2

- ②① Deutsches Aktenzeichen: 693 28 886.8  
⑨6 Europäisches Aktenzeichen: 93 400 996.0  
⑨6 Europäischer Anmeldetag: 16. 4. 1993  
⑨7 Erstveröffentlichung durch das EPA: 27. 10. 1993  
⑨7 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 21. 6. 2000  
④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 4. 1. 2001

③⑩ Unionspriorität:  
9204831 21. 04. 1992 FR

⑦③ Patentinhaber:  
Thomson-CSF, Paris, FR

⑦④ Vertreter:  
Prinz und Kollegen, 81241 München

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
CH, DE, DK, FR, LI

⑦② Erfinder:  
Garrec, Patrick, F-92402 Courbevoie Cedex, FR;  
Reboux, Veronique, F-92402 Courbevoie Cedex, FR

⑤④ Verfolgungsverfahren aus verformbaren Bildelementen und/oder Bildelementen mit stark venausschten Kanten

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 693 28 886 T 2

DE 693 28 886 T 2

28.08.00

0 567 377 (93400996.0)

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfolgungsverfahren, welches von Bildern verformbarer Elemente und/oder stark verrauschten Konturen ausgeht.

Ein besonderer Anwendungsbereich der Erfindung besteht in der Verfolgung meteorologischer Störungen anhand von Bildern, die beispielsweise von einem Radarschirm stammen. Wolken sind verformbare Elemente, deren Form sich zeitlich im Verhältnis zu den Geschwindigkeiten vorhandener Bildverarbeitungen langsam verändert und deren Geschwindigkeit und Beschleunigung im wesentlichen bekannt sind. Die Formveränderung der Wolken erschwert die Wiedererkennung ein und derselben Wolke von einem Bild zum nächsten, wobei diese Schwierigkeit noch größer ist, wenn die Geschwindigkeit einer Wolke berechnet werden soll. Andererseits sind die Konturen von Wolken im allgemeinen sehr verrauscht und, um sämtliche Informationen entnehmen zu können, ist es wichtig, diese Konturen soweit wie möglich zu verfeinern.

Ein Dokument Patent Abstracts of Japan, Bd. 15, Nr. 268 (P-1224) vom 8. Juli 1991 sowie JP-A-3089190 (SHIMADZU CORPORATION) beschreiben ein Bildverarbeitungsverfahren, das ermöglicht, die Richtigkeit einer Sofortdiagnose zu verbessern.

Das Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zu schaffen, das ermöglicht, in einfacher Weise geschlossene und sehr feine Konturen von Objekten zu extrahieren, um eine Wiedererkennung der Form der Objekte von einem Bild zum nächsten ausführen zu können und um daraus auf ihre Geschwindigkeiten zurückzuschließen.

Genauer betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Verfolgung von formveränderlichen Elementen und/oder stark verrauschten Konturen, wie durch den Anspruch 1 definiert ist.

28.08.00<sub>2</sub>

Das Verfahren ist besonders geeignet zur Verfolgung von Objekten, die bezüglich zweier aufeinanderfolgender Bilderfassungen langsam formveränderlich sind (für Wolken hängt dies von der Rotationsbewegung der Radarantenne ab).

Die Erfindung wird besser verständlich anhand der folgenden Beschreibung, die auf die beigefügten Figuren Bezug nimmt.

Fig. 1 ist allgemeines Blockschaltbild des Verfahrens gemäß der Erfindung.

Fig. 2 ist ein Blockschaltbild der Vorverarbeitung 1 von Fig. 1.

Fig. 3 ist ein weiteres mögliches Blockschaltbild der Vorverarbeitung.

Fig. 4 zeigt die Schritte, die zur Extraktion der Konturen auszuführen sind.

Fig. 5 zeigt die Reihenfolge, in welcher jedes Pixel einer Kontur gemäß der Erfindung getestet werden soll.

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild des Verfahrens gemäß der Erfindung; ein Blockschaltbild, in dem die Hauptschritte des Verfahrens gemäß der Erfindung dargestellt worden sind. Jeder Schritt wird nachfolgend mit Bezug auf weitere Figuren im einzelnen ausgeführt:

Nach Fig. 1 besteht die Eingangsgröße, auf welche das Verfahren gemäß der Erfindung angewandt wird, aus einem Bild von N Zeilen und M Spalten, das aus einer Anzahl  $N \times M$  von Elementarpunkten oder Pixeln gebildet ist. Das Bild enthält Objekte, die vorzugsweise langsam formveränderlich sind, typisch Wolken, von denen bestimmte Parameter gewonnen werden sollen, wie später genau ausgeführt werden wird. Es wird vorausgesetzt, daß das Bild von einem Schwarzweißbildschirm, beispielsweise von einem

28.08.00<sub>3</sub>

Radarschirm, stammt. Um den verschiedenen Graustufen Rechnung zu tragen, sind die Pixel über  $Q$  mögliche Stufen von Leuchtdichtewerten, die von schwarz (Stufe 0) bis weiß (Stufe  $Q-1$ ) reichen, codiert. In diesem unverarbeiteten Bild sind die Pixel, die sich im Inneren von Wolken befinden, weiß, während diejenigen, die von Wolken entfernt sind, schwarz sind. Zwischen diesen beiden Extremen stehen die mit Werten zwischen 0 und  $Q-1$  codierten Leuchtdichtewerte insbesondere für die Pixel, die sich nahe der Konturen der Wolken befinden oder zu diesen gehören, für verschiedene Graustufen.

Der erste Schritt des Verfahrens gemäß der Erfindung besteht darin, in diesem unbearbeiteten Bild eine Vorverarbeitung 1 zur Formgebung des Bildes auszuführen. Das Ziel dieser Vorverarbeitung besteht darin, die Wolken (in weiß) so gut wie möglich vor dem Himmel (in schwarz) hervorzuheben. Wenn sich auf einen Schwellenvergleich des unbearbeiteten Bildes beschränkt wird, um ein binäres Bild mit den beiden Leuchtdichtewerten 0 und  $Q-1$  zu erhalten, werden die Wolken weiß und mit Konturen erscheinen, die aufgrund des Rauschens sehr unregelmäßig sind. Nun ist es aber, um die weitere Bearbeitung zu ermöglichen, wesentlich, unter anderem eine Glättung der Konturen so auszuführen, daß die Form der Wolken bestmöglich approximiert wird. Diese Approximation ist nämlich für die Phase der Wiedererkennung der Wolkenformen von einem Bild zum nächsten von größter Wichtigkeit. Im weiteren Verlauf (Beschreibung der Fig. 2) wird sichtbar werden, daß die Anmelderin sich dafür entschieden hat, eine Reihe von Schritten auszuführen, die dazu dienen, die Konturen der Wolken zu erodieren und dann zu dilatieren, derart, daß das Gesamtergebnis eine Glättung der Konturen ergibt.

Nach Abschluß dieser Vorverarbeitung 1 ist das Bild immer noch aus  $N \times M$  Pixeln zusammengesetzt, deren Leuchtdichtewerte jedoch auf zwei Stufen, der Stufe 0 und der Stufe  $Q-1$ , liegen. Alle Wolken des Bildes, deren Konturen gemäß der Erfindung geglättet worden sind, sind beispielsweise weiß vor einem schwarzen Himmel.

Unter Berücksichtigung der von der Anmelderin ausgewählten Parameter, aus denen die verschiedenen Informationen (Wiedererkennung der Form, Geschwindigkeit der Wolke) abgeleitet werden, ist es notwendig, die Extraktion der Konturen  $C_k$  anhand des aus der Vorverarbeitung 1 hervorgegangenen Bildes vorzunehmen. Es handelt sich um den zweiten Schritt des Verfahrens gemäß der Erfindung, der in Fig. 1 mit 2 bezeichnet ist. Dabei muß noch, um die Durchführbarkeit der weiteren Verarbeitung zu sichern, die Extraktion 2 der Konturen  $C_k$  gemäß der Erfindung den Erhalt geschlossener Konturen gewährleisten. Im folgenden wird nämlich ersichtlich, daß das Prinzip der Erfindung auf der Gleichsetzung eines langsam formveränderlichen Objekts mit einem formstabilen Objekt beruht, wobei die Gleichsetzung ermöglichen wird, zur Berechnung der Geschwindigkeit der Wolken Berechnungsverfahren anzuwenden, die typisch für die Kinematik formstabiler Objekte sind. Außerdem ermöglicht die Extraktion 2 der Konturen  $C_k$  gemäß der Erfindung vorteilhaft Konturen  $C_k$  zu erzielen, deren Stärke ein Pixel nicht überschreitet. Diese auf ihr Minimum reduzierte Stärke ermöglicht in optimaler Weise, die Verarbeitungszeit der nachfolgenden Schritte zu verringern. Das nach Abschluß der Extraktion 2 der Konturen  $C_k$  erzielte Bild ist erneut ein binäres Bild, in dem die Leuchtdichtestufe (Q-1) vorzugsweise den Pixeln der gewonnen Konturen zugewiesen ist, während die Leuchtdichtestufe 0 allen übrigen Pixeln zugewiesen ist.

Der dritte Schritt des Verfahrens gemäß der Erfindung besteht in der Extraktion 3 kennzeichnender Parameter jeder Kontur  $C_k$ . Unter kennzeichnenden Parametern werden die Parameter verstanden, die ermöglichen, zum einen ein einfaches Kriterium zur Wiedererkennung der Formen der Wolken von einem Bild zum nächsten und zum anderen ein einfaches Verfahren zur Berechnung der Geschwindigkeit jeder Wolke zu erhalten. Wie zuvor erwähnt worden ist, erlauben die vorangegangenen Schritte, die Wolke einem formstabilen Objekt gleichzusetzen. Nun besteht aber für formstabile Objekte ein einfaches Kriterium zur Wiedererkennung im Vergleich des Umfangs dieser Objekte von einem Bild zum

28.08.00<sub>5</sub>

anderen. Ebenso leitet sich die Berechnung der Geschwindigkeit eines formstabilen Objekts leicht aus der Berechnung der Lageveränderung des Schwerpunktes dieses Objekts ab. Die beiden vom Anmelder gewählten kennzeichnenden Parameter sind also der Umfang  $P_k$  und der Schwerpunkt  $G_k$  einer Kontur  $C_k$ . Nachfolgend wird die Extraktion dieser beiden Parameter aus dem nach der Extraktion 2 der Konturen  $C_k$  erhaltenen Bildes genauer ausgeführt werden.

Nach Abschluß des dritten Schrittes sind demnach die Umfänge  $P_k$  und die Schwerpunkte  $G_k$  sämtlicher im Bild vorhandener Konturen  $C_k$  bekannt.

Der folgende Schritt besteht in der Wiedererkennung 4 der Konturen von einem Bild zum nächsten. Noch immer unter der Bedingung der Gleichsetzung einer Wolke mit einem formstabilen Objekt können die Umfänge  $P_k$  des gerade in der Verarbeitung befindlichen Bildes als wenig verschieden von den zu den gleichen Konturen, die bei der Verarbeitung des vorherigen Bildes gefunden worden sind, gehörenden Umfängen  $P_k'$  betrachtet werden. Da es wenig wahrscheinlich ist, daß zwei verschiedene Wolken den gleichen Umfang besitzen, genügt ein einfacher Vergleich der Umfänge  $P_k$  mit den Umfängen  $P_k'$  und der Schwerpunkte  $G_k$  mit  $G_k'$ , um eine Kontur wiederzuerkennen.

Der letzte, in Fig. 1 mit 5 bezeichnete Schritt der Verarbeitung besteht demnach darin, für jedes Umfangspaar  $(P_k, P_k')$ , das der gleichen Kontur  $C_k$  entspricht, die Lageveränderung des Schwerpunktes von  $C_k$  zu bestimmen, um von der Position  $G_k'$  zu der Position  $G_k$  zu gelangen. Aus dieser Lageveränderung wird leicht die Geschwindigkeit dieses Schwerpunktes abgeleitet und folglich die Geschwindigkeit der Wolke bestimmt.

Jetzt werden nacheinander die verschiedenen Schritte des Verfahrens gemäß der Erfindung ausführlich dargestellt.

Die Fig. 2 stellt die Vorverarbeitung 1 zur Formgebung des Bildes im einzelnen dar.

Der erste Schritt besteht aus einem Schwellenvergleich 11 des unbearbeiteten, aus  $N \times M$  Pixeln bestehenden Bildes, die mit  $Q$  Leuchtdichtestufen, beispielsweise zwischen 0 und  $Q-1$  codiert sind. Dieser Schwellenvergleich 11 besteht darin, sämtliche Pixel, deren Leuchtdichtecode größer als ein vorgegebener Schwellenwert  $S$  ist, auf  $(Q-1)$  und alle übrigen Pixel auf 0 zu setzen. Ist der Schwellenwert  $S$  passend gewählt, beispielsweise in der Größenordnung von  $Q/2$ , wird eine Bildumsetzung der Wolken, die weiß vor einem schwarzen Hintergrund dargestellt werden, erzielt. Die Konturen dieser Wolken sind jedoch sehr unregelmäßig und ermöglichen keine einfache Wiedererkennung der Wolken von einem Bild zum anderen. Das Verfahren gemäß der Erfindung schlägt deshalb vor, eine Glättung 12 der Konturen auszuführen, wobei diese Glättung eine erste Phase der Erosion 13 des Bildes, die von einer zweiten Phase der Dilatation gefolgt wird, umfaßt. Die Erosionsphase 13 bezieht ihre Bezeichnung aus der Tatsache, daß sie ermöglicht, isolierte weiße Pixel zu beseitigen. Sie besteht darin, ein quadratisches Fenster ungeraden Ausmaßes (eines Ausmaßes, das einer ungeraden Zahl von Pixeln entspricht) über das Bild zu führen und die Leuchtdichte des im Fenster mittigen Pixels durch das Ergebnis zu ersetzen, das durch Ausführen einer logischen UND-Verknüpfung zwischen diesem mittigen Pixel und seinen Nachbarn erhalten worden ist.

Die Phase der Dilatation 14 ist zu der vorhergehenden Phase in der Hinsicht dual, als sie ermöglicht, isolierte schwarze Pixel zu beseitigen. Unter Verwendung des gleichen Fensters wie zuvor wird diesmal eine logische ODER-Verknüpfung zwischen dem mittigen Pixel und seinen Nachbarn ausgeführt.

Die durch diese Aufeinanderfolge von Erosion und Dilatation erzielte Glättung der Konturen verformt das Objekt ein wenig. Jedoch ist die Bearbeitung für sämtliche Bilder identisch und erlaubt, das Rauschen beträchtlich zu reduzieren.

Die Untersuchungen des Anmelders haben gezeigt, daß anders



28.03.00

vorgegangen werden könnte, um die Glättung 12 auszuführen. Diese in Fig. 3 dargestellte Variante besteht darin, die Faltung des sich aus dem Schwellenvergleich 11 ergebenden Bildes (Fig. 2) mit einer besonderen Filtermatrix auszuführen, die eine Mittelung der Leuchtdichten realisiert.

Nachstehend wird an das Prinzip der Bildfaltung erinnert - um die Berechnungen zu vereinfachen, mit einer quadratischen Matrix der Ordnung 3.

Gegeben sei die Matrix

$$A = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{pmatrix}$$

$L(i,j)$  sei die codierte Leuchtdichte des in der durch die ganze Zahl  $i$  angegebenen Zeile und der durch die ganze Zahl  $j$  angegebenen Spalte liegenden Pixels.

Für jedes Pixel  $(i,j)$  wird der folgende Ausdruck berechnet:

$$\begin{aligned} & a \times L(i-1,j-1) + b \times L(i-1,j) + c \times L(i-1,j+1) + \\ & + d \times L(i,j-1) + e \times L(i,j) + f \times L(i,j+1) + \\ & + g \times L(i+1,j-1) + h \times L(i+1,j) + k \times L(i+1,j+1) \end{aligned} \quad (1)$$

Die voranstehende Summe wird modulo  $Q$  gebildet. Das im Intervall  $[0, Q-1]$  liegende Ergebnis kann als ein Leuchtdichtewert  $L'(i,j)$  angesehen werden, der dem Pixel  $(i,j)$  zugeordnet wird.

Die gemäß der Erfindung verwendete besondere Matrix ist eine quadratische unitäre Matrix der Ordnung  $P$ , wobei  $P$  eine ungerade ganze Zahl kleiner als die ganzen Zahlen  $N$  und  $M$  ist.

Die Anwendung der Beziehung 1 läuft in diesem Fall darauf hinaus, die Leuchtdichte  $L(i,j)$  des Pixels  $(i,j)$  durch die Leuchtdichte  $L'(i,j)$ , die den Mittelwert der Leuchtdichten der dem Pixel  $(i,j)$  benachbarten Pixel darstellt, zu ersetzen.

Die Anmelderin hat gezeigt, daß die Aufeinanderfolge der folgenden Schritte, nämlich:

- einer ersten Faltung 121 des aus dem Schwellenvergleich

28.08.00

11 hervorgegangenen Bildes mit einer quadratischen unitären Matrix;

- eines ersten Schwellenvergleiches 122 des gefalteten Bildes mit einem Schwellenwert, der vorzugsweise gleich  $Q/2$  ist;
  - einer ersten Videoinversion 123 des Bildes;
  - einer zweiten Faltung 121' des invertierten Bildes mit der gleichen quadratischen unitären Matrix;
  - eines zweiten Schwellenvergleiches 122' des gefalteten Bildes mit einem Schwellenwert, der im wesentlichen gleich  $Q/2$  ist; und
  - einer zweiten Videoinversion 123'
- vollständig die Glättung 12, welche die Phasen Erosion 13 und Dilatation 14 umfaßt, realisierte.

Bei jeder der beiden vorangegangenen Faltungen 121, 121' ist es ratsam, darauf zu achten, daß die Leuchtdichte  $L(i,j)$  nicht durch die Leuchtdichte  $L'(i,j)$  ersetzt wird, solange das Pixel  $(i,j)$  zur Faltung anderer Pixel verwendet wird. Dies würde nämlich die Ergebnisse verfälschen. Folglich muß parallel zur Faltung 124 eines Pixels  $(i,j)$  eine Speicherung 125 der Leuchtdichten  $L'(i,j)$  erfolgen. Das Ersetzen 126 der Leuchtdichten erfolgt entweder dann, wenn das gesamte Bild gefaltet worden ist, oder vorzugsweise dann, wenn das Pixel  $(i,j)$  nicht mehr zur Faltung benutzt wird.

Nach Abschluß der Vorverarbeitung 1 liegt ein Bild vor, das schwarze Pixel (0), die zum Himmel gehören, oder weiße Pixel ( $Q-1$ ), die zu Wolken (einschließlich Konturen) gehören, enthält. Die Konturen haben gemäß der Erfindung eine Glättung erfahren. Nach Fig. 1 wird das erhaltene Bild einem Schritt zur Extraktion 2 der Konturen der Objekte unterworfen, dessen Einzelheiten in Fig. 4 schematisch dargestellt sind:

Herkömmlich wird zur Extraktion der Objektkonturen in einem Bild eine sogenannte Laplace-Matrix verwendet. Diese Matrix wird verwendet, um das Innere von Objekten freizuräumen und lediglich ihre Konturen auf dem Bildschirm zu erhalten. Sie

28.08.00

beruht auf dem Prinzip der Laplace-Filter, das darin besteht, die zweite Ableitung des Bildes zu berechnen. Es gibt eine große Zahl an Laplace-Matrizen und die Auswahl einer speziellen Matrix hat die Anmelderin dazu geführt, die Eigenschaften eines Pixels einer Kontur genauer zu untersuchen:

Damit ein Pixel  $(i,j)$  einer Kontur angehört, ist es notwendig und hinreichend, daß die beiden folgenden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- Die Leuchtdichte  $L(i,j)$  dieses Pixels ist mit  $Q-1$  codiert.
- Wenigstens eines seiner vier benachbarten, in der gleichen Zeile  $i$  und in der gleichen Spalte  $j$  genommenen Pixel besitzt eine mit 0 codierte Leuchtdichte.

Nur die vier wie zuvor definierten benachbarten Pixel müssen betrachtet werden. Der Anmelder hat nämlich bemerkt, daß die Betrachtung der acht möglichen Nachbarn eines Pixels dazu führen könnte, daß Pixel fälschlich als zu einer Kontur gehörend klassifiziert werden.

Die Wahl der Laplace-Matrix leitet sich aus den vorangehenden Beobachtungen ab: Da die Nachbarn eines mittigen Pixels, die sich nicht in der gleichen Zeile oder in der gleichen Spalte befinden, nicht von Interesse sind, sind an den entsprechenden Stellen die Koeffizienten null zu setzen.

Die übrigen Koeffizienten sind so gewählt, daß sie die Beiträge der betreffenden Pixel gewichten. Somit ist die besondere, gemäß der Erfindung gewählte Laplace-Matrix eine quadratische Matrix der Ordnung 3, deren Koeffizienten bis auf einen Multiplikationsfaktor  $\alpha$

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

sind.

Mit Bezug auf Fig. 4 besteht die Extraktion 2 der Konturen also

darin, eine Faltung 21 des Bildes mit der gewählten Laplace-Matrix auszuführen. Wie zuvor ist es ratsam, parallel zur Faltung 211 eines vorgegebenen Pixels  $(i,j)$  eine Speicherung 212 des resultierenden Wertes  $L'(i,j)$  vorzunehmen und die Ersetzung 213 des Leuchtdichtewertes erst dann auszuführen, wenn das Pixel  $(i,j)$  nicht mehr für die Faltung weiterer Pixel gebraucht wird. Andererseits haben die Pixel, die sich am Rand des Bildes befinden, selbstverständlich keine Nachbarn. Um die Faltung auf diese speziellen Pixel anwenden zu können, sieht das Verfahren gemäß der Erfindung vor, fiktive Nachbarn zu generieren, deren Leuchtdichtewert 0 ist. Dies erlaubt den Erhalt einer geschlossenen Kontur selbst an den Bildrändern zu gewährleisten, was für die Fortsetzung der Verarbeitung unerlässlich ist.

Je nach entsprechendem Pixel des Bildes, ergeben sich folgende Resultate der Faltung 21:

- Ein Pixel  $(i,j)$  der Kontur ist durch seine Leuchtdichte  $L(i,j)$ , die  $Q-1$  beträgt, sowie durch einen, zwei, drei oder vier nicht beleuchtete Nachbarn (Leuchtdichte 0) gekennzeichnet. Die Leuchtdichten  $L'(i,j)$  werden dann entsprechend  $Q-1$ ,  $Q-2$ ,  $Q-3$  oder  $Q-4$ ;

- Ein im Inneren einer Wolke gelegenes Pixel  $(i,j)$  ist durch seine Leuchtdichte  $L(i,j)$  gekennzeichnet, die wie diejenige seiner vier Nachbarn  $Q-1$  beträgt. Die Leuchtdichte  $L'(i,j)$  wird demzufolge immer gleich 0;

Ein außerhalb einer Wolke gelegenes Pixel  $(i,j)$  ist durch seine Leuchtdichte  $L(i,j)$ , die 0 beträgt, sowie durch einen, zwei, drei oder vier nicht beleuchtete Nachbarn (Leuchtdichte 0) gekennzeichnet. Die Leuchtdichten  $L'(i,j)$  werden demzufolge entsprechend 3, 2, 1 oder 0.

Das erhoffte Ergebnis, nämlich alle im Inneren von Wolken gelegenen Pixel 0 zu setzen und die übrigen im wesentlichen unverändert zu lassen, wurde völlig erreicht.

Das nach der Faltung 21 erhaltene Bild enthält Pixel, deren Leuchtdichten der Gruppe  $\{Q-1, Q-2, Q-3, Q-4\}$  angehören sowie

28.08.00  
11

weitere Pixel, deren Leuchtdichten der Gruppe  $\{0, 1, 2, 3\}$  angehören. Das Verfahren gemäß der Erfindung schlägt vor, einen Schwellenvergleich 22 dieses Bildes mit einer Schwelle, die beispielsweise auf  $Q/2$  festgelegt ist, auszuführen, damit nur die Konturen erleuchtet werden, und zwar mit einem Leuchtdichtewert von  $Q-1$ .

Nach Fig. 1 besteht der dritte Schritt des Verfahrens gemäß der Erfindung in der Extraktion 3 kennzeichnender Parameter jeder Kontur  $C_k$  des Bildes. Wie zuvor erläutert worden ist, sind diese kennzeichnenden Parameter zum einen die Umfänge  $P_k$  und zum anderen die Schwerpunkte  $G_k$  der Konturen  $C_k$ .

Die Ablesung der Konturen erfolgt, indem für jedes Objekt die Punkte der Konturen, d. h. die einzigen Punkte des aus der Verarbeitung 2 hervorgegangenen Bildes, deren Leuchtdichte nicht 0 ist, durchgegangen werden. Das Verfahren gemäß der Erfindung sieht vor, jedes Pixel der Konturen zu testen, wobei für jedes Pixel jene seiner acht Nachbarn gesucht werden, die erleuchtet sind. Um dies auszuführen, werden die acht Nachbarn in einer festgelegten Reihenfolge, wie etwa derjenigen, die in Fig. 5 schematisch dargestellt ist, betrachtet. Diese Reihenfolge sollte auf die Abtastung des Schirms abgestimmt sein, d. h. im Beispiel von Fig. 5, in welchem das getestete Pixel das mittige Pixel ist und die Reihenfolge der mit 1 bis 8 bezifferten Reihenfolge entspricht, von oben nach unten und von links nach rechts erfolgen. Diese Suche erfolgt rekursiv, d. h. sobald auf einen erleuchteten Nachbarn getroffen wird, wird eine völlig gleiche Suche für diesen Nachbar begonnen. Die Rekursivität gebietet, besonders darauf zu achten, daß nicht einige zu Konturen gehörende Punkt vergessen werden oder aber mehrmals über den gleichen Punkt gegangen wird. Außerdem sollte leicht von einer Kontur zur nächsten übergegangen werden können.

Die Untersuchungen der Anmelderin haben gezeigt, daß es notwendig ist, jedem Pixel der Konturen eine Zustandsvariable zuzuordnen, die sich in den folgenden vier Zuständen befinden kann:

28.08.00

- Zustand 0: nicht getestetes Pixel;
- Zustand 1: Pixel, das der Kontur des getesteten Pixels zugehört, jedoch noch nicht getestet worden ist;
- Zustand 2: Pixel, das der Kontur des getesteten Pixels zugehört und dem Test unterzogen worden ist;
- Zustand 3: Pixel, das einer vorhergehenden Kontur zugehört (also bereits getestet ist).

Sämtliche Pixel einer gleichen Kontur sind bestimmt, wenn bei einer schrittweisen räumlichen Ausdehnung der Tests keine weiteren erleuchteten Nachbarn gefunden werden. Da ihre Zustandsvariable im Zustand 2 ist, genügt es, sie zu zählen, um den Umfang der Kontur zu erfahren.

Was die Schwerpunkte  $G_k$  anbelangt, ihre Abszissen- und ihre Ordinatenwerte werden in herkömmlicher Weise berechnet, indem der Mittelwert der Abszissenwerte bzw. der Mittelwert der Ordinatenwerte der Pixel der Kontur, die zuvor, beispielsweise zum Zeitpunkt der Hervorhebung der Konturen, gespeichert worden sind, gebildet wird.

Nach Fig. 1 erfolgt die Wiedererkennung 4 der Konturen  $C_k$  durch einen Vergleich der kennzeichnenden Parameter  $P_k$  und  $G_k$  des gerade zu verarbeitenden Bildes mit den kennzeichnenden Parametern  $P_k'$  und  $G_k'$  des zuvor verarbeiteten Bildes. Eine Kontur wird als ein gleiches Objekt repräsentierend angesehen, wenn sie den beiden folgenden Bedingungen genügt:

- Die Schwerpunkte  $G_k$  und  $G_k'$  liegen nahe beieinander, d. h. der Abstand  $G_k G_k'$  ist kleiner als ein vom Anwender vorgeschriebener maximaler Abstand;
- Die Umfänge  $P_k$  und  $P_k'$  sind nahezu gleich, d. h. ihr Unterschied ist kleiner als ein zuvor festgelegter Schwellenwert.

Die Geschwindigkeit  $V_k$  einer wiedererkannten Kontur  $C_k$  wird dann aus der Berechnung der Lageveränderung des Schwerpunktes abgeleitet. Dies ist nur aufgrund der vorangehenden Bearbeitungen möglich; da nämlich die Konturen einer Glättung unter-

28.03.00  
13

worfen worden sind, ist sicher, daß, wenn sich der Schwerpunkt verschiebt, diese Verschiebung repräsentativ für eine Ortsveränderung des Objekts ist.

Die Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung erfolgt aufgrund der hohen Verarbeitungsgeschwindigkeiten sehr vorteilhaft mittels Rechner.

28.08.00  
14

0 567 377 (93400996.0)

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Verfolgung von verformbaren Elementen und/oder stark verrauschten Konturen anhand von Bildern, die aus einer ganzen Zahl N von Zeilen und einer ganzen Zahl M von Spalten und aus einer Anzahl N x M von Pixeln, die gemäß einer ganzen Zahl Q von Leuchtdichtewerten codiert sind, aufgebaut sind, wobei das Verfahren darin besteht:

- in jedem Bild eine Vorverarbeitung (1) zur Formgebung des Bildes auszuführen, um die Konturen zu glätten;
- in jedem vorverarbeiteten Bild geschlossene Konturen zu extrahieren (2), deren Dicken ein Pixel nicht übersteigen;
- für jede geschlossene Kontur signifikante Parameter der Konturen zu extrahieren (3);
- von einem Bild zum nächsten die erhaltenen Parameter zu vergleichen, um so die Form eines Elements zu erkennen (4), und dann daraus seine Geschwindigkeit abzuleiten (5), dadurch gekennzeichnet, daß die Extraktion (2) der Konturen besteht aus:

- einer Faltung (21) des aus der Vorverarbeitung (1) sich ergebenden Bildes mit einer Matrix aus Laplace-Koeffizienten

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

bis auf einen Multiplikationsfaktor  $\alpha$ ,

- einem Schwellenvergleich (22) des gefalteten Bildes mit einem Schwellenwert, der im wesentlichen gleich Q/2 ist, wobei die Faltung (21) besteht aus:
  - einer Faltung (211) eines Pixels i, j mit Leuchtdichte L(i, j) mit der Laplace-Matrix;
  - einer Speicherung (211) des Ergebnisses L'(i, j) der Faltung;
  - einer Ersetzung (213) von L(i, j) durch L'(i, j), sobald das Pixel i, j nicht mehr in den Faltungen verwendet wird.



2. Verfolgungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorverarbeitung (1) zur Formgebung des Bildes besteht aus:

- einem Schwellenvergleich (11) des Bildes mit einem vorgegebenen Schwellenwert, der ermöglicht, sämtliche Pixel, deren Leuchtdichtecode größer als ein vorgegebener Schwellenwert ist, auf 0 zu setzen, und sämtliche anderen Pixel auf (Q - 1) zusetzen, um so ein binäres Bild zu erhalten;
- wenigstens einer Folge aus einer Erosion (13) und einer Dilatation (14) des binären Bildes, was eine Glättung der Konturen ergibt.

3. Verfolgungsverfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Folge aus einer Erosion (13) und einer Dilatation (14) des binären Bildes ausgeführt wird durch:

- eine erste Faltung (121) des binären Bildes mit einer unitären Matrix der Dimension P, wobei P eine ungerade ganze Zahl kleiner als die ganzen Zahlen N und M ist;
- einen ersten Schwellenvergleich (122) des gefalteten Bildes mit einem Schwellenwert, der im wesentlichen gleich Q/2 ist;
- eine erste Videoinversion (123) des schwellenvergleichen Bildes;
- eine zweite Faltung (121') des invertierten Bildes mit der unitären Matrix;
- einen zweiten Schwellenvergleich (122') des zweiten gefalteten Bildes mit einem Schwellenwert, der im wesentlichen gleich Q/2 ist; und
- eine zweite Videoinversion (123').

4. Verfolgungsverfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite Faltung bestehen aus:

- einer Faltung (124) eines Pixels i, j mit Leuchtdichte L(i, j) mit der unitären Matrix;
- einer Speicherung (125) des Ergebnisses L'(i, j) der Faltung;
- einer Ersetzung (126) der Leuchtdichte L(i, j) durch

28.09.00  
16

die Leuchtdichte  $L'(i, j)$ , sobald das Pixel  $i, j$  in den Faltungen nicht mehr verwendet wird.

5. Verfolgungsverfahren nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die signifikanten Parameter der Konturen durch den Umfang  $P_k$  und den Schwerpunkt  $G_k$  jeder Kontur  $C_k$  gebildet sind.

6. Verfolgungsverfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Extraktion der Umfänge  $P_k$  der Konturen  $C_k$  darin besteht:

- rekursiv jedes Pixel der Konturen  $C_k$  zu testen, indem in einer bestimmten Reihenfolge jene seiner acht Nachbarn gesucht werden, die erleuchtet sind;
- jedem Pixel eine Zustandsvariable zuzuordnen, die sich in den vier folgenden Zuständen befinden kann:
  - Zustand 0: nicht getestetes Pixel;
  - Zustand 1: Pixel, das der Kontur des getesteten Pixels zugehört, jedoch noch nicht getestet worden ist;
  - Zustand 2: Pixel, das der Kontur des getesteten Pixels zugehört und dem Test unterzogen worden ist;
  - Zustand 3: Pixel, das einer vorhergehenden Kontur zugehört,
- sämtliche Pixel zu zählen, für die die Zustandsvariable im Zustand 2 ist, wenn der Test beendet worden ist.

7. Verfolgungsverfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Reihenfolge der Abtastung des Schirms entspricht..

8. Verfolgungsverfahren nach irgendeinem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwerpunkte  $G_k$  durch ihre Abszissen und ihre Ordinaten bestimmt werden, indem der Mittelwert der Abszissen und der Mittelwert der Ordinaten der Pixel der Konturen  $C_k$  gebildet werden.

28.08.00

17

9. Verfolgungsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Form eines Elements erkannt (4) wird, wenn für zwei nacheinander verarbeitete Bilder die beiden gefundenen Umfänge  $P_k'$  und  $P_k$  nahezu gleich sind und wenn die beiden Schwerpunkte  $G_k'$  und  $G_k$  nahe beieinander liegen.

10. Verfolgungsverfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit eines Elements aus der Schwerpunktverschiebung vom Punkt  $G_k'$  zum Punkt  $G_k$  abgeleitet wird.

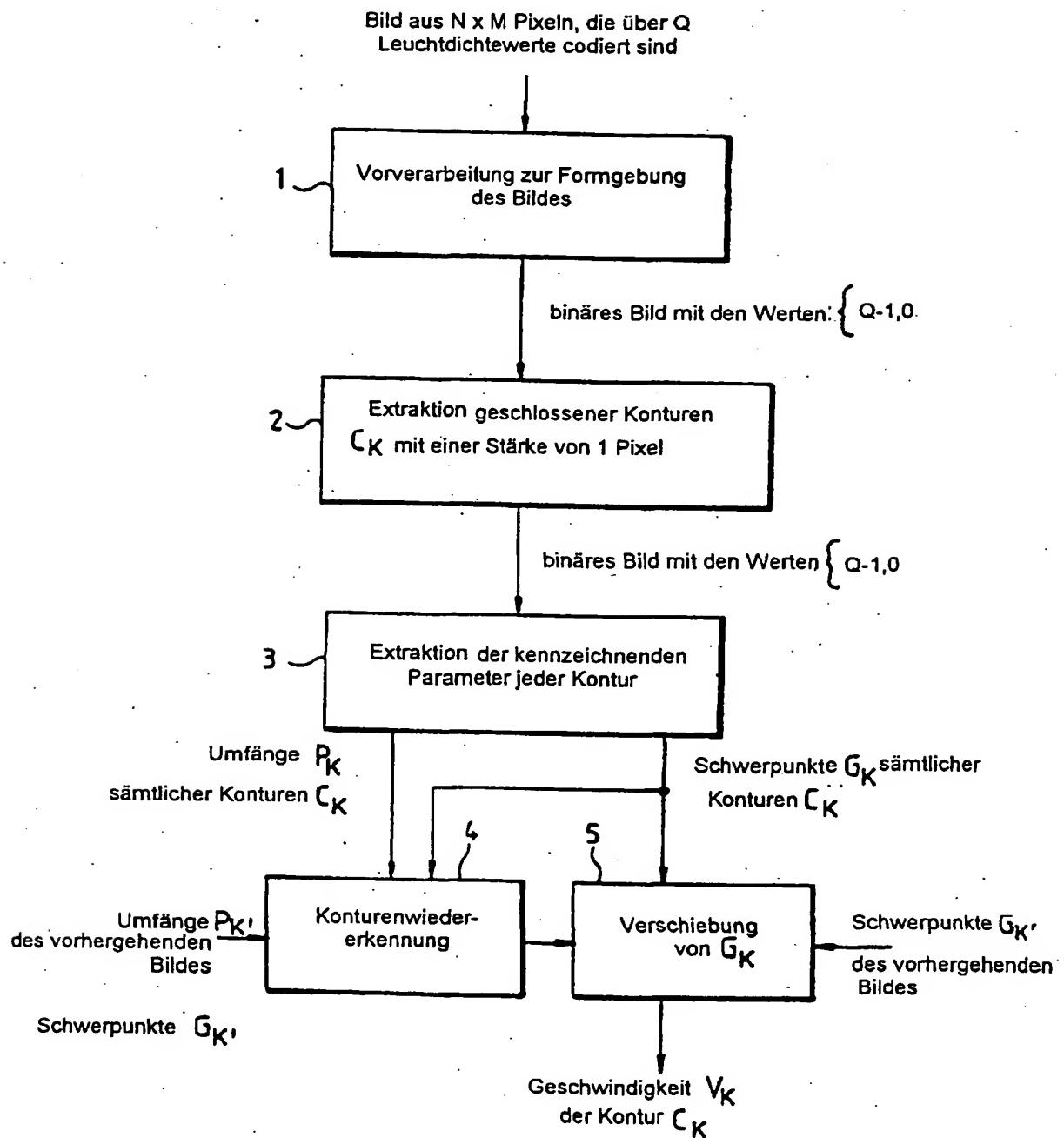


FIG.1

28.09.00

Bild aus  $N \times M$  Pixeln, die über  $Q$  Leuchtdichtewerte codiert werden

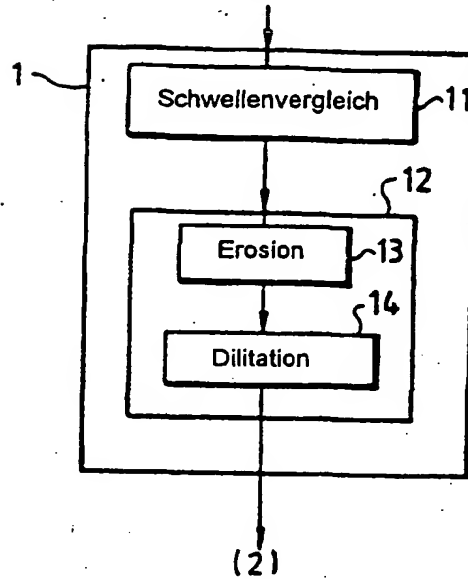


FIG. 2

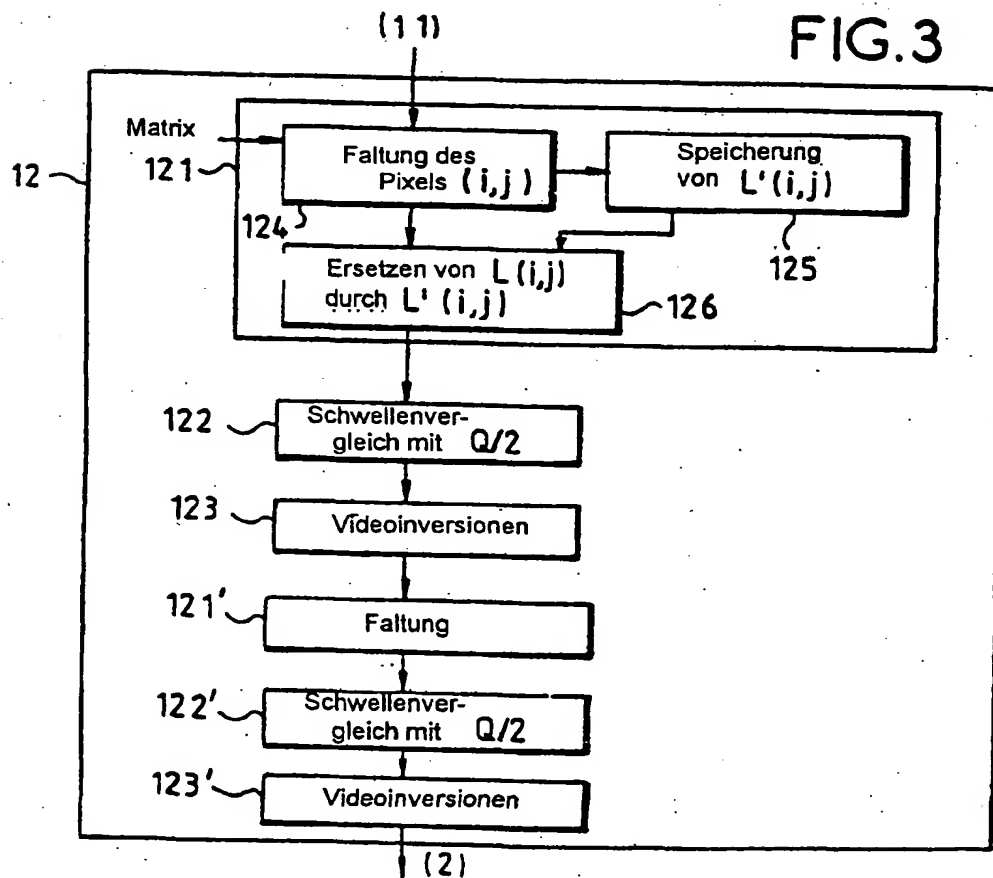


FIG. 3

28.08.00

20

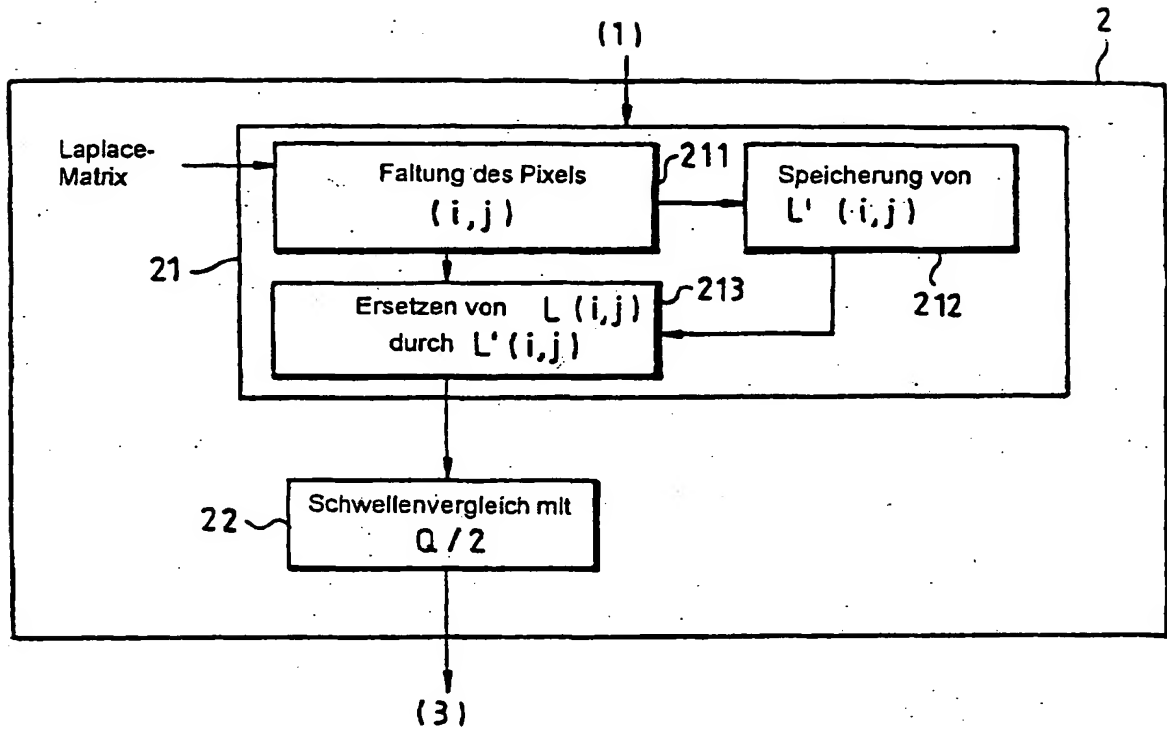


FIG.4

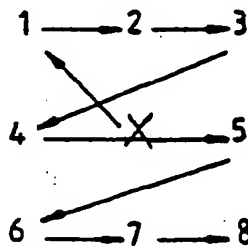


FIG.5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**